

## **ESTUDIO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE LIBERACIÓN DE COHETES**

**Juan Espada, Asdrubal Bottani, Axel Greco, Marcos Actis, Andrés Martínez del Pezzo.**

amartinez.delpezzo@ing.unlp.edu.ar

UIDET – GEMA, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de La Plata  
Calle 48 y 116 La Plata. CP 1900. Contacto: amartinez.delpezzo@ing.unlp.edu.ar

### **RESUMEN**

El presente trabajo presenta las condiciones de funcionamiento que debe poseer un sistema utilizado para liberar un cohete, y describe el estudio comparativo entre dos alternativas propuestas para dicho sistema.

El sistema encargado de liberar un cohete funciona usualmente como el vínculo entre el vehículo y la estructura sujeta al suelo. Este vínculo debe soportar todas las cargas generadas por el peso propio del cohete, así como las cargas generadas por el viento cuando este incide sobre el fuselaje del vehículo, también las cargas debidas al funcionamiento del motor en el instante previo a su liberación. También debe ser capaz de funcionar en un instante de tiempo muy breve, sin posibilidad de falla y con una mínima dispersión de tiempo entre la liberación de la sujeción más rápida y la más lenta.

Como primera instancia se plantean dos alternativas de sistemas de liberación: una consta de una estructura metálica que al momento de liberar es accionada por dos pistones hidráulicos. La segunda es una estructura metálica que posee un mecanismo que es accionado neumáticamente.

Como parte del análisis comparativo se presentan análisis de la cinemática de cada sistema y de la capacidad de tomar carga de cada uno. De esta forma se

evalúan ambas alternativas para definir cual resulta más viable.

Como conclusión se define como más viable la utilización del sistema del mecanismo accionado neumáticamente debido a la simplicidad y resistencia estructural y velocidad de accionamiento.

### **1.- INTRODUCCIÓN**

El sistema encargado de liberar un cohete funciona usualmente como el vínculo entre el vehículo y la estructura sujeta al suelo. Este vínculo debe soportar las cargas generadas por el peso propio del cohete, las cargas debidas al viento que incide sobre el fuselaje del vehículo, y finalmente las cargas debidas al funcionamiento del motor en el instante previo a su liberación. También debe ser capaz de funcionar en un instante de tiempo muy breve, sin posibilidad de falla y con una mínima dispersión de tiempo entre la liberación de la sujeción más rápida y la más lenta.

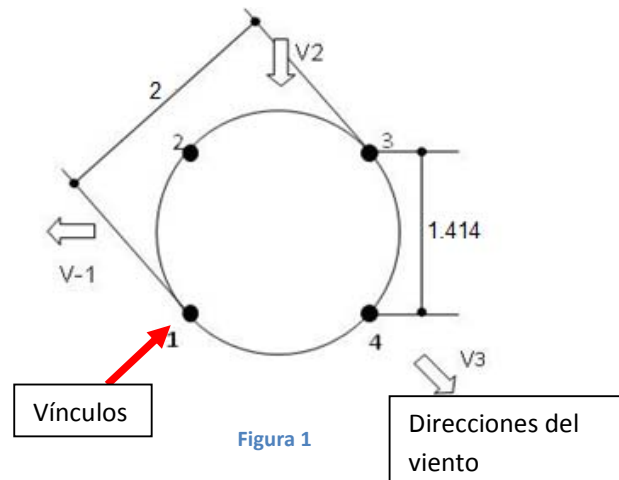
### **2.- DESARROLLO**

En este diseño está planteado que el sistema de liberación del cohete sea el encargado de soportar todas las cargas originadas durante las maniobras de transporte e izaje del mismo, también debe soportar las cargas de viento máximo que el vehículo pueda soportar estando izado

en la plataforma de lanzamiento. Este sistema también debe poseer la suficiente rigidez para constituir un apoyo “sólido” en el momento de encender los motores, y debe poseer un mecanismo confiable y robusto que libere al cohete una vez que se alcanzan los parámetros adecuados de funcionamiento de los motores. Esta liberación debe ser compatible con las aceleraciones de despegue del vehículo y sincronizada entre cada uno de los posibles mecanismos intervinientes, para que no haya diferencias de tiempos de liberación que influyan en la dinámica del despegue del vehículo, ni representen un obstáculo para el libre vuelo del mismo.

De esta forma se define que el sistema de liberación esté constituido por una carcasa que aporte la rigidez necesaria y un mecanismo que además de ser robusto debe accionarse rápidamente. El comando de activación del mecanismo puede ser hidráulico, neumático, o eléctrico.

Planteando un vehículo genérico con un diámetro de dos metros y una altura de 15 metros, se propone que el sistema esté dispuesto en cuatro puntos, cada uno de los cuales funciona como vínculo del vehículo (figura 1). De esta forma se facilita la alineación del mismo, al disponer los cuatro vínculos a 90 grados entre sí, definiendo así dos ejes de alineación perpendiculares. En base a esta disposición, con el valor máximo de velocidad de viento adoptado, se estudian los posibles esfuerzos que el sistema debe ser capaz de soportar para tres direcciones de viento incidente. Estas solicitaciones son mayores a las originadas por el funcionamiento de los motores del vehículo y al peso propio del mismo, por lo cual son las condicionantes para el dimensionado del sistema.



Los cuatro vínculos deben ser idénticos, estar accionados por un único comando y funcionar simultáneamente con una mínima dispersión de tiempos, para asegurar una liberación pareja y controlada.

En cuanto a la cinemática del mecanismo que libera el vehículo, el cual despega con una aceleración “a”, debe poseer una velocidad que asegure despejar la zona por donde despega el mismo. Al integrar dos veces en el tiempo la aceleración antes mencionada, se define la posición del vehículo para cualquier instante. De esta forma se establece una referencia temporal para la posición del mecanismo en cada instante.

Para este caso se plantean dos posibles alternativas de diseño: una con accionamiento hidráulico, utilizando dos cilindros (figura 2) y la segunda con accionamiento neumático, (figura 3).

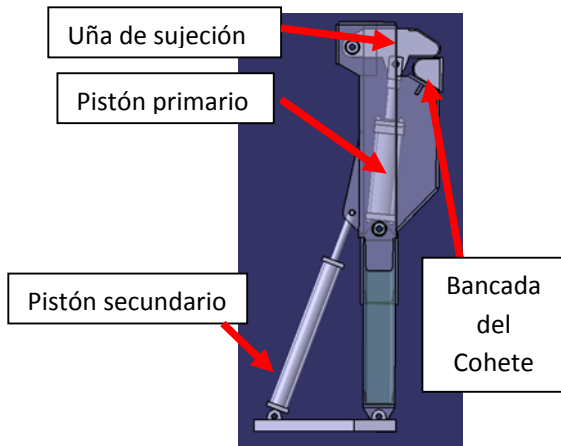


Figura 2. Alternativa hidráulica

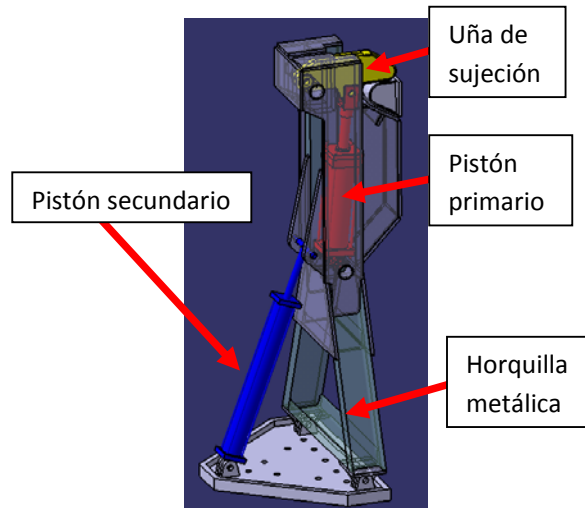


Figura 4. Detalle de la alternativa hidráulica.

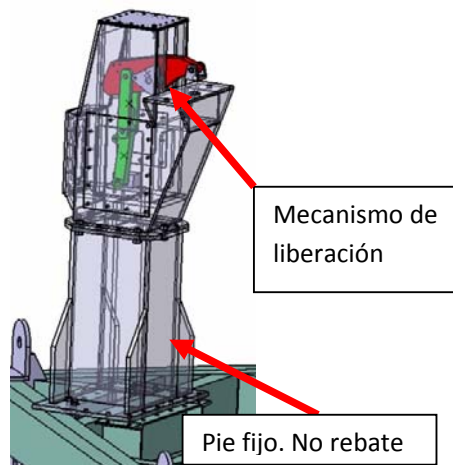


Figura 3. Alternativa mecánica

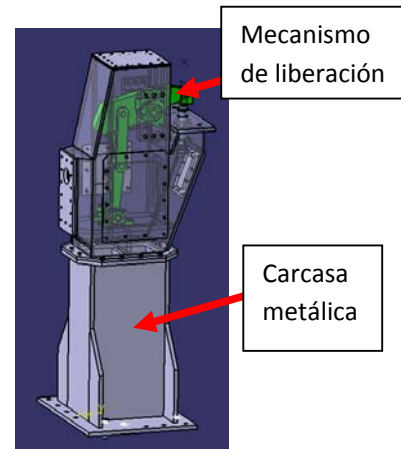


Figura 5. Detalle de la alternativa mecánica

La *alternativa hidráulica* (figuras 2 y 4) consiste en una estructura formada por una horquilla metálica con dos cilindros hidráulicos y una uña móvil que sujeta al vehículo. La posición y la carga sobre la uña es controlada por el cilindro primario. La posición y el movimiento de la horquilla metálica donde apoya el vehículo, es controlada por el cilindro secundario.

La *alternativa mecánica*, de accionamiento mecánico, posee un mecanismo que sujeta al vehículo para toda maniobra y para tomar las cargas ascendentes debidas al viento que se generan en cada apoyo.

Al momento de liberar al vehículo se acciona un sistema neumático que le da al mecanismo un grado de libertad, de manera que el peso propio lo lleve a su nueva posición de equilibrio liberando al vehículo, y despejando la zona de despegue. Todo el mecanismo se encuentra alojado dentro de una estructura metálica para protegerlo del calor, polvo o cualquier elemento que pueda volar al encender el motor. Esta carcasa metálica que aloja el mecanismo es la responsable de darle sostén al vehículo, y debido a su geometría es capaz de soportar grandes valores de carga y de tener una alta rigidez. Esa estructura no se plantea que despeje la

zona de lanzamiento, sino que quede fija en todo momento.



Figura 6. Vista esquemática de uno de los sistemas de liberación para realizar simulaciones

A la izquierda posición vehículo sujeto. A la derecha posición vehículo libre y despegando

En la figura 6 se aprecia la secuencia de funcionamiento del mecanismo de la *alternativa mecánica*. Esta secuencia se obtuvo a través de un modelo dinámico de elementos finitos armado en el software ABAQUS. En esta simulación la estructura de empuje poseía una aceleración vertical ascendente “a”, al mecanismo se lo liberaba en  $t=0$ , dejando actuar a la gravedad sobre el mismo, de esta forma se pudo construir una curva tiempo desplazamiento de la estructura de empuje y del mecanismo, que fueron comparadas de forma de asegurar que el mecanismo siempre accione más rápido que la estructura de empuje.

La *alternativa hidráulica* posee la virtud que permite controlar la velocidad de liberación del vehículo, cambiando el caudal que abre el pistón primario (figura 2), también permite modular la precarga que se le da al sistema para sujetar el vehículo, cambiando la presión del cilindro primario. Por último esta alternativa permite rebatir el sistema cargando el cilindro secundario (figura 2).

En cuanto a las desventajas de esta alternativa, debido a la hidráulica es más susceptible a trabarse, además de necesitar que el sistema esté siempre presurizado para toda maniobra con el vehículo y soportar las cargas de viento. Para controlar el sistema se necesita un equipo sofisticado y para alcanzar las velocidades de apertura deseadas se deben manejar grandes caudales (cerca de 500 litros/segundo).

Por último, como las vibraciones producidas por el motor pasan a través del cilindro hidráulico, éste disminuye la rigidez del sistema de sujeción al ser un elemento de baja rigidez comparada con el resto del mecanismo.

En cuanto a la *alternativa mecánica*, posee las siguientes ventajas: El mecanismo de liberación es un hipostático que se libera con un actuador neumático, por lo cual es menos susceptible a trabarse. Al ser de accionamiento neumático el sistema posee un control de accionamiento más sencillo. Y por tratarse de un mecanismo hipostático y la liberación del tipo si/no, resulta más sencillo asegurar la liberación. Al no tener cilindro secundario que rebate el sistema, esta alternativa resulta un apoyo más rígido. La traba del sistema de liberación al ser mecánica (de accionamiento neumático) no depende de

servicios externos una vez montada. Por último, las vibraciones producidas por el motor se transmiten rígidamente a la fundación.

En cuanto a las desventajas, esta alternativa no permite rebatir el sistema para aumentar el despeje de la zona al momento del lanzamiento.

Analizando los resultados de la cinemática de la *alternativa mecánica* en base al modelo de elementos finitos antes mencionado, en la figura 7 se observan las curvas de desplazamiento vertical de la estructura de empuje, comparado con el desplazamiento del punto de contacto del mecanismo con la estructura de empuje. En este gráfico se puede apreciar que el mecanismo es capaz de ganarle en desplazamiento a la estructura de empuje.

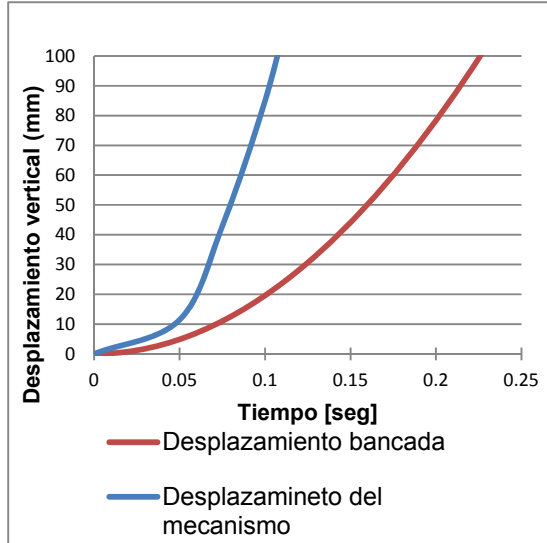


Figura 7. Desplazamientos de la estructura de empuje y del mecanismo

## CONCLUSIONES

Debido a que la segunda propuesta es un sistema mecánico con accionamiento neumático, esta alternativa resulta muy superior a la alternativa hidráulica, la cual posee algunas ventajas que acarrearán importantes dificultades para el accionamiento y el control. Por lo cual se elige la *alternativa mecánica*.



Figura 8. Sistema utilizado.

## REFERENCIAS

- [1] ShigleyMischke. Diseño en Ingeniería Mecánica. Octava edición
- [2] Space Vehicle Hold Down and Release Mechanism Design.NASA - AMATYC - NSF